

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Oktober 2003 (16.10.2003)

PCT

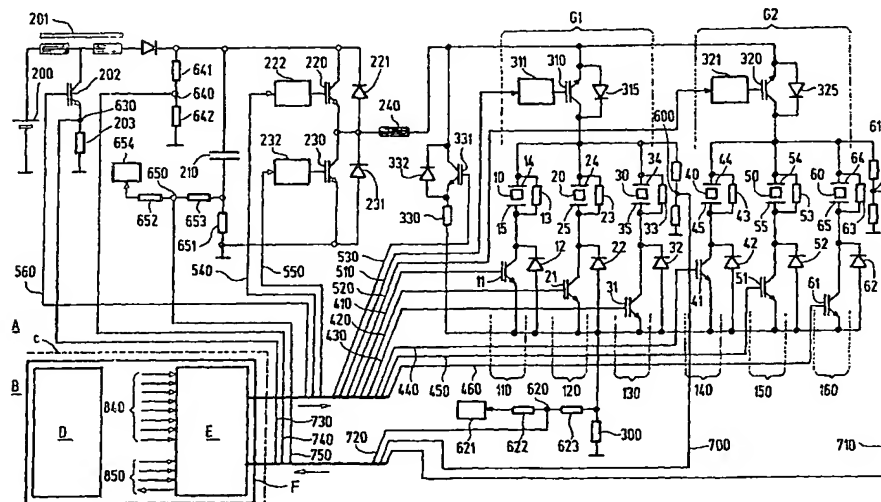
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/085246 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/20 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ROHATSCHKE, Andreas-Juergen [DE/DE]; Einsteinstrasse 7, 73249 Wernau/Neckar (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/01133
- (22) Internationales Anmeldedatum: 7. April 2003 (07.04.2003) (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (30) Angaben zur Priorität: 102 15 630.1 9. April 2002 (09.04.2002) DE (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE). Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL INJECTION SYSTEM FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND METHOD FOR OPERATING A FUEL INJECTION SYSTEM

(54) Bezeichnung: KRAFTSTOFFEINSPRITZANLAGE FÜR EINEN VERBRENNUNGSMOTOR UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER KRAFTSTOFFEINSPRITZANLAGE





Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Dieselmotor, mit zumindest zwei Zylindern, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage zumindest zwei Aktorelemente aufweist, und wobei jedem Zylinder zumindest je ein Aktorelement zur Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder zugeordnet ist, und wobei die Kraftstoffeinspritzanlage eine Einspritzregelung zur Überwachung und/oder zum Lösen eines Konfliktes beim Ansteuern der Aktorelemente aufweist ist dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzregelung die Aktorelemente in Abhängigkeit von Lade- und/oder Entladeflanken der Einspritzelemente bei Einspritzungen früher und/oder später oder nicht ansteuert.

Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungs-
motor und Verfahren zum Betrieb einer
Kraftstoffeinspritzanlage

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Dieselmotor, mit zumindest zwei Zylindern, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage zumindest zwei Aktorelemente aufweist, und wobei jedem Zylinder zumindest je ein Aktorelement zur Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder zugeordnet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Kraftstoffeinspritzanlage.

Aus der DE 100 33 343 A1 ist eine Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Dieselmotor bekannt, die eine Einspritzregelung zur Überwachung und/oder zum Lösen eines Konfliktes beim Ansteuern der Aktorelemente, insbesondere ein Konfliktma-

nagement sich überlagernder Einspritzverläufe von Piezoaktoren aufweist.

Bei Piezo-Common-Rail-Aktoren kann nur gleichzeitig eine Ansteuerflanke ausgeführt werden. Aus verbrennungstechnischen Gründen ist es aber erforderlich, Ansteuerungen komplementärer Bänke so zu applizieren, daß sich Einspritzungen überlagern. Dies ist dann mit der aus der DE 100 33 343 A1 bekannten Schaltungseinrichtung zur Verschaltung piezoelektrischer Elemente möglich, wenn die Lade-/Entladeflanken der piezoelektrischen Elemente keine Überlappung aufweisen. Bei überlappenden Flanken ist bei der aus der DE 100 33 343 A1 hervorgehenden Kraftstoffeinspritzanlage vorgesehen, daß bei der Ansteuerung mit niedriger Priorität (im folgenden niederpriorie Ansteuerung genannt) die Flanke verschoben oder verkürzt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Kollisionen von Ansteuerflanken unterschiedlicher Einspritzungen unter Berücksichtigung der kausalen Zusammenhänge zu verhindern.

Diese Aufgabe wird bei einer Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß die Einspritzregelung die Aktorelemente in Abhängigkeit von vorgebbaren, vom zeitlichen Ansteuerverhalten der Aktorelemente abhängigen Zeitintervallen ansteuert.

Grundidee der Erfindung ist die Festlegung von Zeitbereichen oder Zeitintervallen um den Beginn der Ansteuerflanke höherer Priorität. Diese Zeitintervalle oder Zeitbereiche bestimmen direkt einen maximalen Verschiebungs/Verkürzungsgrad von Intervallen niedriger Priorität gegenüber Intervallen höherer Priorität. Die Aktorelemente selbst können piezoelektrische Elemente oder auch Magnetventile sein.

Die Aufgabe wird ferner durch eine Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Dieselmotor, mit mindestens zwei Zylindern, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage zumindest zwei piezoelektrische Elemente aufweist und jedem Zylinder zumindest je ein piezoelektrisches Element zur Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder durch Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elements zugeordnet ist, wobei den piezoelektrischen Elementen eine einzige Versorgungseinheit zum Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elementes zugeordnet ist, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage ferner eine Einspritzregelung zur Überwachung einer möglichen Überschneidung eines Zeitintervalls, in dem ein piezoelektrisches Element ge- oder entladen werden soll, mit einem Zeitintervall, in dem das andere piezoelektrische Element ge- oder entladen werden soll, aufweist, und wobei zumindest zwei Einspritzungen unterschiedliche Prioritäten derart zugeordnet sind, daß eine Einspritzung eine höhere Priorität (hochpriorie Einspritzung) als wenigstens einer anderen Einspritzung (niederpriorie Einspritzung) zugeordnet ist, dadurch gelöst, daß die Einspritzregelung die

wenigstens eine Einspritzung mit der geringeren Priorität um ein vorgebbares, vom zeitlichen Verlauf der Ladung und Entladung des piezoelektrischen Elements oder des Stroms durch ein Magnetventil abhängiges Zeitintervall so verkürzt, daß ein piezoelektrisches Element nicht geladen ist, wenn das andere piezoelektrische Element ge- oder entladen werden soll, oder daß kein Strom durch das Magnetventil fließt, solange Strom durch das andere Magnetventil fließt.

Neben einer Verkürzung des Intervalls kann durch die Einspritzregelung auch die Einspritzung mit der geringeren Priorität soweit um einen vorgebbaren, vom zeitlichen Verlauf der Ladung und Entladung des piezoelektrischen Elements oder des Stroms durch das Magnetventil abhängiges Zeitintervall verschoben werden, daß sich das Zeitintervall, in dem ein piezoelektrisches Element ge- oder entladen werden soll nicht mit dem Zeitintervall überschneidet, in dem das andere piezoelektrische Element ge- oder entladen werden soll.

Die Erfindung wird ferner durch ein Verfahren zum Betrieb einer Kraftstoffeinspritzanlage gemäß Anspruch 9 gelöst.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung.

In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Verschaltung piezoelektrischer Elemente;
- Fig. 2a das Laden eines piezoelektrischen Elementes;
- Fig. 2b das Laden eines piezoelektrischen Elementes;
- Fig. 2c das Entladen eines piezoelektrischen Elementes;
- Fig. 2d das Entladen eines piezoelektrischen Elementes;
- Fig. 3 einen Ansteuerungs-IC;
- Fig. 4 einen aus dem Stand der Technik bekannten zeitlichen Ablauf von Interrupts;
- Fig. 5 einen Ablaufplan für Konfliktmanagement gemäß der Erfindung;
- Fig. 6 einen Ablaufplan für eine Ausgestaltung eines Konfliktmanagements gemäß der Erfindung und
- Fig. 7 einen Ablaufplan für eine weitere Ausgestaltung eines Konfliktmanagements gemäß der Erfindung.

Fig. 1 zeigt piezoelektrische Elemente 10, 20, 30, 40, 50, 60 sowie Mittel zu ihrer Ansteuerung. Dabei bezeichnet A einen Bereich in detaillierter Darstellung sowie B einen Bereich in undetaillierter Darstellung, deren Trennung mit einer gestrichelten Linie c angedeutet ist. Der detailliert dargestellte Bereich A umfaßt eine Schaltung zum Laden und Entladen der piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60. In dem betrachteten Beispiel handelt es sich bei den piezoelekt-

rischen Elementen 10, 20, 30, 40, 50 und 60 um Aktoren in Kraftstoffeinspritzventilen (insbesondere in sogenannten ACommon Rail Injektoren \equiv) eines Verbrennungsmotors. In der beschriebenen Ausführungsform werden zur unabhängigen Steuerung von sechs Zylindern innerhalb eines Verbrennungsmotors sechs piezoelektrische Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60 verwendet; für beliebige andere Zwecke könnte jedoch eine beliebige andere Anzahl piezoelektrischer Elemente geeignet sein.

Der undetailliert dargestellte Bereich B umfaßt eine Einspritzregelung F mit einem Steuergerät D und einen Ansteuerungs-IC E, die der Steuerung der Elemente innerhalb des detailliert dargestellten Bereichs A dient. Dem Ansteuerungs-IC E werden verschiedene Meßwerte von Spannungen und Strömen aus der gesamten restlichen Ansteuerschaltung des piezoelektrischen Elements zugeführt. Erfindungsgemäß sind der Steuerrechner D und der Ansteuerungs-IC E zur Regelung der Ansteuerspannungen sowie der Ansteuerzeiten für das piezoelektrische Element ausgebildet. Der Steuerrechner D und/oder der Ansteuerungs-IC E sind ebenfalls zur Überwachung verschiedener Spannungen und Ströme der gesamten Ansteuerschaltung des piezoelektrischen Elements ausgebildet.

In der nachfolgenden Beschreibung werden zunächst die einzelnen Elemente innerhalb des detailliert dargestellten Bereichs A eingeführt. Es folgt eine allgemeine Beschreibung der Vorgänge des Ladens und Entladens der piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60. Schließlich wird detailliert beschrieben, wie beide

Vorgänge durch den Steuerrechner D und den Ansteuerungs-IC E gesteuert und überwacht werden.

Die piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60 sind in eine erste Gruppe G1 und eine zweite Gruppe G2 aufgeteilt, die jeweils drei piezoelektrische Elemente umfassen (d.h., piezoelektrische Elemente 10, 20 und 30 in der ersten Gruppe G1 bzw. piezoelektrische Elemente 40, 50 und 60 in der zweiten Gruppe G2). Die Gruppen G1 und G2 sind Bestandteile parallelgeschalteter Schaltungsteile. Mit den Gruppenwahlschaltern 310, 320 ist festlegbar, welche der Gruppen G1, G2 der piezoelektrischen Elemente 10, 20 und 30 bzw. 40, 50 und 60 jeweils mit Hilfe einer gemeinsamen Lade- und Entladeeinrichtung entladen werden (für Ladevorgänge sind die Gruppenwahlschalter 310, 320, wie nachstehend noch näher beschrieben, jedoch ohne Bedeutung). Die piezoelektrischen Elemente 10, 20 und 30 der ersten Gruppe G1 sind auf einer Aktorbank und die piezoelektrischen Elemente 40, 50 und 60 in der zweiten Gruppe G2 sind auf einer weiteren Aktorbank angeordnet. Als Aktorbank wird dabei ein Block bezeichnet, in dem zwei oder mehr Aktorelemente, insbesondere piezoelektrische Elemente, fest abgeordnet, z.B. vergossen, sind.

Die Gruppenwahlschalter 310, 320 sind zwischen einer Spule 240 und den jeweiligen Gruppen G1 und G2 angeordnet (deren spulenseitigen Anschlüssen) und sind als Transistoren realisiert. Es sind Treiber 311, 321 implementiert, die von dem Ansteuerungs-IC E empfangene

Steuersignale in Spannungen umformen, die nach Bedarf zum Schließen und Öffnen der Schalter wählbar sind.

Parallel zu den Gruppenwahlschaltern 310, 320 sind (als Gruppenwahldioden bezeichnete) Dioden 315 bzw. 325 vorgesehen. Wenn die Gruppenwahlschalter 310, 320 als MOS-FETs bzw. IGBTs ausgeführt sind, können beispielsweise diese Gruppenwahldioden 315 und 325 durch die parasitären Dioden selbst gebildet sein. Während Ladevorgängen werden die Gruppenwahlschalter 310, 320 von den Dioden 315, 325 überbrückt. Die Funktionalität der Gruppenwahlschalter 310, 320 reduziert sich daher auf die Auswahl einer Gruppe G1, G2 der piezoelektrischen Elemente 10, 20 und 30 bzw. 40, 50 und 60 lediglich für einen Entladevorgang.

Innerhalb der Gruppen G1 bzw. G2 sind die piezoelektrischen Elemente 10, 20 und 30 bzw. 40, 50 und 60 jeweils als Bestandteile der parallelgeschalteten Piezozweige 110, 120 und 130 (Gruppe G1) und 140, 150 und 160 (Gruppe G2) angeordnet. Jeder Piezozweig umfaßt eine Serienschaltung bestehend aus einer ersten Parallelschaltung mit einem piezoelektrischen Element 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60, und einem (als Zweigwiderstand bezeichneten) Widerstand 13, 23, 33, 43, 53 bzw. 63 sowie einer zweiten Parallelschaltung mit einem als Transistor 11, 21, 31, 41, 51 bzw. 61 ausgeführten (als Zweigwahlschalter bezeichneten) Wahlschalter und einer (als Zweigdiode bezeichneten) Diode 12, 22, 32, 42, 52 bzw. 62).

Die Zweigwiderstände 13, 23, 33, 43, 53 bzw. 63 bewirken, daß das jeweils entsprechende piezoelektrische Element 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60 sich während und nach einem Ladevorgang kontinuierlich entlädt, da sie jeweils beide Anschlüsse der kapazitiven piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60 miteinander verbinden. Die Zweigwiderstände 13, 23, 33, 43, 53 bzw. 63 haben jedoch eine ausreichende Größe, um diesen Vorgang gegenüber den gesteuerten Lade- und Entladevorgängen langsam zu gestalten, wie nachstehend beschrieben. Daher ist die Ladung eines beliebigen piezoelektrischen Elements 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60 innerhalb einer relevanten Zeit nach einem Ladevorgang als unveränderlich zu betrachten.

Die Zweigwahlschalter/Zweigdiodenpaare in den einzelnen Piezozweigen 110, 120, 130, 140, 150 bzw. 160, d.h., Wahlschalter 11 und Diode 12 in Piezozweig 110, Wahlschalter 21 und Diode 22 in Piezozweig 120 usw., sind realisierbar als elektronische Schalter (d.h. Transistoren) mit parasitären Dioden, beispielsweise MOSFETs bzw. IGBTs (wie vorstehend für die den Gruppenwahlschalter/Diodenpaare 310 und 315 bzw. 320 und 325 angegeben).

Mittels der Zweigwahlschalter 11, 21, 31, 41, 51 bzw. 61 ist festlegbar, welche der piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60 jeweils mit Hilfe einer gemeinsamen Lade- und Entladeeinrichtung geladen werden: Geladen werden jeweils all diejenigen piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60, deren

Zweigwahlschalter 11, 21, 31, 41, 51 bzw. 61 während des nachfolgend beschriebenen Ladevorgangs geschlossen sind. Gewöhnlich ist immer nur einer der Zweigwahlschalter geschlossen.

Die Zweigdioden 12, 22, 32, 42, 52 und 62 dienen der Überbrückung der Zweigwahlschalter 11, 21, 31, 41, 51 bzw. 61 während Entladevorgängen. Daher kann in dem betrachteten Beispiel für Ladevorgänge jedes einzelne piezoelektrische Element ausgewählt werden, während für Entladevorgänge entweder die erste Gruppe G1 oder die zweite Gruppe G2 der piezoelektrischen Elemente 10, 20 und 30 bzw. 40, 50 und 60, bzw. beide ausgewählt werden müssen.

Zurückkommend auf die piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60 selbst, können die Zweigwahlpiezoanschlüsse 15, 25, 35, 45, 55 bzw. 65 entweder mit Hilfe der Zweigwahlschalter 11, 21, 31, 41, 51 bzw. 61 oder über die entsprechenden Dioden 12, 22, 32, 42, 52 bzw. 62 sowie in beiden Fällen zusätzlich über Widerstand 300 an Masse gelegt werden.

Mittels des Widerstands 300 werden die während des Ladens und Entladens der piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60 zwischen den Zweigwahlpiezoanschlüssen 15, 25, 35, 45, 55 bzw. 65 und Masse fließenden Ströme gemessen. Eine Kenntnis dieser Ströme ermöglicht ein gesteuertes Laden und Entladen der piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60. Insbesondere durch Schließen und Öffnen des Ladeschalter 220

bzw. Entladeschalters 230 in Abhängigkeit des Betrags der Ströme, ist es möglich, den Ladestrom bzw. Entladestrom auf vorgegebene Mittelwerte einzustellen und/oder zu verhindern, daß sie vorgegebene Maximalwerte und/oder Minimalwerte überschreiten bzw. unterschreiten.

In dem betrachteten Beispiel, ist für die Messung selbst noch eine Spannungsquelle 621 erforderlich, die eine Spannung von beispielsweise 5 V DC liefert, sowie ein Spannungsteiler in Form zweier Widerstände 622 und 623. Damit soll der Ansteuerungs-IC E (der die Messungen durchführt) vor negative Spannungen geschützt werden, die andernfalls an Meßpunkt 620 auftreten könnten, und die mit dem Ansteuerungs-IC E nicht beherrschbar sind: Derartige negative Spannungen werden durch Addition mit einer von der genannten Spannungsquelle 621 und den Spannungsteiler-Widerständen 622 und 623 gelieferten positiven Spannungsanordnung verändert.

Der andere Anschluß des jeweiligen piezoelektrischen Elements 10, 20, 30, 40, 50 und 60, d.h. die jeweilige Gruppenwahlpiezoanschluß 14, 24, 34, 44, 54 bzw. 64, kann über den Gruppenwahlschalter 310 bzw. 320 oder über die Gruppenwahldiode 315 bzw. 325 sowie über eine Spule 240 und eine Parallelschaltung bestehend aus einem Ladeschalter 220 und einer Ladediode 221 an den Pluspol einer Spannungsquelle angeschlossen werden, sowie alternativ bzw. zusätzlich über den Gruppenwahlschalter 310 bzw. 320 oder über die Diode 315 bzw. 325 sowie über die Spule 240 und eine Parallelschaltung be-

stehend aus einem Entladeschalter 230 und einer Entladediode 231 an Masse gelegt werden. Ladeschalter 220 und Entladeschalter 230 sind beispielsweise als Transistoren realisiert, die über Treiber 222 bzw. 232 angesteuert werden.

Die Spannungsquelle umfaßt einen Kondensator 210. Der Kondensator 210 wird von einer Batterie 200 (beispielsweise einer Kraftfahrzeugbatterie) und einem nachgeschalteten Gleichspannungswandler 201 geladen. Der Gleichspannungswandler 201 formt die Batteriespannung (beispielsweise 12 V) in im wesentlichen beliebige andere Gleichspannungen (beispielsweise 250 V) um, und lädt den Kondensator 210 auf diese Spannung auf. Die Steuerung des Gleichspannungswandlers 201 erfolgt über den Transistorschalter 202 und den Widerstand 203, der der Messung von am Messpunkt 630 abgegriffenen Strömen dient.

Zum Zwecke der Gegenkontrolle wird durch den Ansteuerungs-IC E sowie durch die Widerstände 651, 652 und 653 und beispielsweise eine 5 V Gleichspannungsquelle 654 eine weitere Strommessung am Meßpunkt 650 ermöglicht; des weiteren ist durch den Ansteuerungs-IC E sowie durch die spannungsteilenden Widerstände 641 und 642 eine Spannungsmessung am Meßpunkt 640 möglich.

Ein (als Totalentladungswiderstand bezeichneter) Widerstand 330, ein (als Stoppschalter bezeichneter) Schalter 331 sowie eine (als Totalentladungsdioden bezeichneter) Diode 332 dienen schließlich der Entladung der pie-

zoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60 (falls sie außerhalb des Normalbetreibers, wie nachstehend beschrieben, nicht durch den Anormalen-Entladevorgang entladen werden). Der Stoppschalter 331 wird vorzugsweise nach Anormalen-Entladevorgängen (zyklisches Entladen über Entladeschalter 230) geschlossen und legt dadurch die piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60 über die Widerstände 330 und 300 an Masse. Somit werden jegliche, eventuell in den piezoelektrischen Elementen 10, 20, 30, 40, 50 und 60 verbliebene Restspannungen beseitigt. Die Totalentladungsdiode 332 verhindert ein Auftreten von negativen Spannungen an den piezoelektrischen Elementen 10, 20, 30, 40, 50 und 60, die unter Umständen durch die negativen Spannungen beschädigt werden könnten.

Das Laden und Entladen aller piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60, bzw. eines bestimmten piezoelektrischen Elements 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60, erfolgt mit Hilfe einer einzigen (allen Gruppen und ihren piezoelektrischen Elementen gemeinsamen) Lade- und Entladeeinrichtung. In dem betrachteten Beispiel umfaßt die gemeinsame Lade- und Entladeeinrichtung die Batterie 200, den Gleichspannungswandler 201, den Kondensator 210, den Ladeschalter 220 und den Entladeschalter 230, Ladediode 221 und Entladediode 231 sowie die Spule 240.

Das Laden und Entladen eines jeden piezoelektrischen Elements erfolgt auf die gleiche Art und Weise und wird

nachfolgend unter Bezugnahme auf lediglich das erste piezoelektrische Element 10 erläutert.

Die während der Lade- und Entladevorgänge auftretenden Zustände werden mit Bezug auf die Figuren 2A bis 2D erläutert, von denen die Figuren 2A und 2B das Laden des piezoelektrischen Elements 10, sowie die Figuren 2C und 2D das Entladen des piezoelektrischen Elements 10 veranschaulichen.

Die Steuerung der Auswahl eines oder mehrerer zu ladender bzw. zu entladender piezoelektrischer Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60, der im folgenden beschriebene Ladevorgang sowie der Entladevorgang erfolgt durch den Ansteuerungs-IC E und das Steuergerät D durch Öffnen bzw. Schließen eines oder mehrerer der oben eingeführten Schalter 11, 21, 31, 41, 51, 61; 310, 320; 220, 230 und 331. Die Wechselwirkungen zwischen den Elementen innerhalb des detailliert dargestellten Bereichs A einerseits sowie des Ansteuerungs-IC E und des Steuerrechners D andererseits wird nachfolgend noch näher erläutert.

In bezug auf den Ladevorgang, muß zunächst ein aufzuladendes piezoelektrisches Element 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60 ausgewählt werden. Um lediglich das erste piezoelektrische Element 10 zu laden, wird der Zweigwahlschalter 11 des ersten Zweiges 110 geschlossen, während alle übrigen Zweigwahlschalter 21, 31, 41, 51, und 61 geöffnet bleiben. Um ausschließlich ein beliebiges anderes piezoelektrisches Element 20, 30, 40, 50, 60 zu

laden, bzw. um mehrere gleichzeitig zu laden, würde dessen/deren Auswahl durch Schließen der entsprechenden Zweigwahlschalter 21, 31, 41, 51, und/oder 61 erfolgen.

Sodann kann der Ladevorgang selbst erfolgen:

Innerhalb des betrachteten Beispiels ist für den Ladevorgang im allgemeinen eine positive Potentialdifferenz zwischen dem Kondensator 210 und Gruppenwahlpiezoanschluß 14 des ersten piezoelektrischen Elements 10 erforderlich. Solange jedoch Ladeschalter 220 und Entladeschalters 230 geöffnet sind, erfolgt kein Laden bzw. Entladen des piezoelektrischen Elements 10. In diesem Zustand befindet sich die in Fig. 1 abgebildete Schaltung in einem stationären Zustand, d.h. das piezoelektrische Element 10 behält seinen Ladungszustand im wesentlichen unverändert bei, wobei keine Ströme fließen.

Zum Laden des ersten piezoelektrischen Elements 10 wird Schalter 220 geschlossen. Theoretisch könnte das erste piezoelektrische Element 10 allein dadurch geladen werden. Dies würde jedoch zu großen Strömen führen, die die betreffenden Elemente beschädigen könnten. Daher werden die auftretenden Ströme am Meßpunkt 620 gemessen und Schalter 220 wird wieder geöffnet sobald die erfaßten Ströme einen bestimmten Grenzwert überschreiten. Um auf dem ersten piezoelektrischen Element 10 eine beliebige Ladung zu erreichen, wird daher Ladeschalter 220 wiederholt geschlossen und geöffnet, während Entladeschalter 230 geöffnet bleibt.

Bei näherer Betrachtung ergeben sich bei geschlossenem Ladeschalter 220 die in Fig. 2A dargestellten Verhältnisse, d.h. es entsteht eine geschlossene Schaltung umfassend eine Reihenschaltung bestehend aus dem piezoelektrischen Element 10, Kondensator 210 und der Spule 240, wobei in der Schaltung ein Strom $i_{LE}(t)$ fließt, wie in Fig. 2A durch Pfeile angedeutet. Aufgrund dieses Stromflusses werden sowohl dem Gruppenwahlpiezoanschluß 14 des ersten piezoelektrischen Elements 10 positive Ladungen zugeführt als auch in der Spule 240 Energie gespeichert.

Wenn der Ladeschalter 220 kurz (beispielsweise einige μ s) nach dem Schließen öffnet, ergeben sich die in Fig. 2B dargestellten Verhältnisse: es entsteht eine geschlossene Schaltung umfassend eine Reihenschaltung bestehend aus dem piezoelektrischen Element 10, Entladediode 231 und Spule 240, wobei in der Schaltung ein Strom $i_{LA}(t)$ fließt, wie in Fig. 2B durch Pfeile angedeutet. Aufgrund dieses Stromflusses fließt in der Spule 240 gespeicherte Energie in das piezoelektrische Element 10. Entsprechend der Energiezufuhr an das piezoelektrische Element 10, erhöht sich die in diesem auftretende Spannung und vergrößern sich dessen Außenabmessungen. Bei erfolgter Energieübertragung von der Spule 240 an das piezoelektrische Element 10, ist der in Fig. 1 dargestellte und bereits beschriebene stationäre Zustand der Schaltung wieder erreicht.

Zu diesem Zeitpunkt bzw. früher oder später (je nach gewünschtem Zeitprofil des Ladevorgangs), wird Ladeschalter 220 erneut geschlossen und wieder geöffnet, so daß die vorstehend beschriebenen Vorgänge erneut ablaufen. Aufgrund des erneuten Schließens und erneuten Öffnens des Ladeschalters 220 erhöht sich die in dem piezoelektrischen Element 10 gespeicherte Energie (die in dem piezoelektrischen Element 10 bereits gespeicherte Energie und die neu zugeführte Energie summieren sich), und die an dem piezoelektrischen Element 10 auftretenden Spannung erhöht sich und dessen Außenabmessungen vergrößern sich entsprechend.

Werden das oben erwähnte Schließen und Öffnen des Ladeschalters 220 vielfach wiederholt, so erfolgt die Erhöhung der an dem piezoelektrischen Element 10 auftretenden Spannung sowie die Ausdehnung des piezoelektrischen Elements 10 stufenweise.

Wenn Ladeschalter 220 eine vorgegebene Anzahl von Malen geschlossen und geöffnet wurde und/oder das piezoelektrische Element 10 den gewünschten Ladezustand erreicht hat, wird das Laden des piezoelektrischen Elements durch Offenlassen des Ladeschalters 220 beendet.

In bezug auf den Entladevorgang, werden in dem betrachteten Beispiel die piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 und 60 in Gruppen (G1 und/oder G2) wie nachfolgend beschrieben entladen:

Zunächst werden der Gruppenwahlschalter 310 und/oder 320 der Gruppe G1 und/oder G2, deren piezoelektrische Elemente zu entladen sind, geschlossen (die Zweigwahlschalter 11, 21, 31, 41, 51, 61 haben keinen Einfluß auf die Auswahl der piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50, 60 für den Entladevorgang, da sie in diesem Fall durch die Dioden 12, 22, 32, 42, 52 und 62 überbrückt werden). Um das piezoelektrische Element 10 als Teil der ersten Gruppe G1 zu entladen, wird daher der erste Gruppenwahlschalter 310 geschlossen.

Wenn der Entladeschalter 230 geschlossen ist, ergeben sich die in Fig. 2C dargestellten Verhältnisse: es entsteht eine geschlossene Schaltung umfassend eine Reihenschaltung bestehend aus dem piezoelektrischen Element 10 und der Spule 240, wobei in der Schaltung ein Strom $i_{EE}(t)$ fließt, wie in Fig. 2C durch Pfeile angedeutet. Aufgrund dieses Stromflusses wird die in dem piezoelektrischen Element gespeicherte Energie (ein Teil davon) in die Spule 240 übertragen. Entsprechend der Energieübertragung von dem piezoelektrischen Element 10 zur Spule 240, sinkt die an dem piezoelektrischen Element 10 auftretende Spannung und verringern sich dessen Außenabmessungen.

Wenn der Entladeschalter 230 kurz (beispielsweise, einige μs) nach dem Schließen öffnet, ergeben sich die in Fig. 2D dargestellten Verhältnisse: es entsteht eine geschlossene Schaltung umfassend eine Reihenschaltung bestehend aus dem piezoelektrischen Element 10, Kondensator 210, Ladediode 221 und der Spule 240, wobei in

der Schaltung ein Strom $i_{EA}(t)$ fließt, wie in Fig. 2D durch Pfeile angedeutet. Aufgrund dieses Stromflusses wird in der Spule 240 gespeicherte Energie in den Kondensator 210 rückgeführt. Bei erfolgter Energieübertragung von der Spule 240 in den Kondensator 210, ist der in Fig. 1 dargestellte und bereits beschriebene stationäre Zustand der Schaltung wieder erreicht.

Zu diesem Zeitpunkt bzw. früher oder später (je nach gewünschtem Zeitprofil des Entladevorgangs), wird Entladeschalter 230 erneut geschlossen und wieder geöffnet, so daß die vorstehend beschriebenen Vorgänge erneut ablaufen. Aufgrund des erneuten Schließens und erneuten Öffnens des Entladeschalters 230 nimmt die in dem piezoelektrischen Element 10 gespeicherte Energie weiter ab, und die an dem piezoelektrischen Element auftretenden Spannung und dessen Außenabmessungen nehmen ebenfalls entsprechend ab.

Werden das oben erwähnte Schließen und Öffnen des Entladeschalters 230 vielfach wiederholt, so erfolgt die Abnahme der an dem piezoelektrischen Element 10 auftretenden Spannung sowie der Ausdehnung des piezoelektrischen Elements 10 stufenweise.

Wenn Entladeschalter 230 eine vorgegebene Anzahl von Malen geschlossen und geöffnet wurde und/oder das piezoelektrische Element den gewünschten Ladezustand erreicht hat, wird das Entladen des piezoelektrischen Elements durch Offenlassen des Entladeschalters 230 beendet.

Die Wechselwirkung zwischen dem Ansteuerungs-IC E und dem Steuerrechner D einerseits sowie den Elementen innerhalb des detailliert dargestellten Bereichs A andererseits erfolgt mit Hilfe von Steuersignalen, die über Zweigwahlsteuerleitungen 410, 420, 430, 440, 450, 460, Gruppenwahlsteuerleitungen 510, 520, Stoppschaltersteuerleitung 530, Ladeschaltersteuerleitung 540 und Entladeschaltersteuerleitung 550 sowie Steuerleitung 560 Elementen innerhalb des detailliert dargestellten Bereichs A von dem Ansteuerungs-IC E zugeführt werden. Andererseits werden an den Meßpunkten 600, 610, 620, 630, 640, 650 innerhalb des detailliert dargestellten Bereichs A Sensorsignale erfaßt, die dem Ansteuerungs-IC E über die Sensorleitungen 700, 710, 720, 730, 740, 750 zugeführt werden.

Zur Auswahl der piezoelektrischen Elemente 10, 20, 30, 40, 50 bzw. 60 für die Ausführung von Lade- bzw. Entladevorgängen einzelner oder mehrerer piezoelektrischer Elemente 10, 20, 30, 40, 50, 60 durch Öffnen und Schließen der entsprechenden Schalter wie vorstehend beschrieben, werden an die Transistorbasen mittels der Steuerleitungen Spannungen angelegt bzw. nicht angelegt. Mittels der Sensorsignale erfolgt insbesondere eine Bestimmung der sich ergebenden Spannung der piezoelektrischen Elemente 10, 20 und 30, bzw. 40, 50 und 60 anhand der Meßpunkte 600 bzw. 610 sowie der Lade- und Entladeströme anhand des Meßpunkts 620.

In Fig. 3 sind einige der in dem Ansteuerungs-IC E enthaltenen Bauelemente angegeben: Eine Logik-Schaltung 800, Speicher 810, Digital-Analog-Umsetzerbaustein 820 sowie Komparatorbaustein 830. Ferner ist angegeben, daß der (für Steuersignale verwendete) schnelle Parallelbus 840 mit der Logik-Schaltung 800 des Ansteuerungs-IC E verbunden ist, während der langsamere serielle Bus 850 mit dem Speicher 810 verbunden ist. Die logische Schaltung 800 ist mit dem Speicher 810, mit dem Komparatorbaustein 830 sowie mit den Signalleitungen 410, 420, 430, 440, 450 und 460; 510 und 520; 530, 540, 550 und 560 verbunden. Der Speicher 810 ist mit der logischen Schaltung 800 sowie mit dem Digital-Analog-Umsetzerbaustein 820 verbunden. Des weiteren ist der Digital-Analog-Umsetzerbaustein 820 mit dem Komparatorbaustein 830 verbunden. Darüber hinaus ist der Komparatorbaustein 830 mit den Sensorleitungen 700 und 710, 720, 730, 740 und 750 und - wie bereits erwähnt - mit der Logik-Schaltung 800 verbunden.

Fig. 4 zeigt schematisch einen aus dem Stand der Technik bekannten zeitlichen Ablauf von Interrupts zum Programmieren des Beginns einer im folgenden näher zu beschreibenden Haupteinspritzung HE sowie von zwei Voreinspritzungen VE1 und VE2 in Abhängigkeit vom oberen Totpunkt der Kurbelwelle. Wie aus Fig. 4 zu entnehmen ist, werden bei einem 6 Zylinder-Motor statische Interrupts bei beispielsweise ca. 78 ° Kurbelwelle sowie bei beispielsweise ca. 138 ° Kurbelwelle erzeugt, durch welche den Beginn der Voreinspritzung 2 sowie der direkt vor der Haupteinspritzung HE liegenden Vorein-

spritzung VE1 programmiert wird. Die Enden dieser Einspritzungen werden sodann aufgrund dynamischer Interrupts programmiert. Es versteht sich, daß die vorbezeichneten Kurbelwellenwinkel lediglich beispielhafte Angaben darstellen. Die Interrupts können rein prinzipiell auch bei anderen Kurbelwellenwinkeln erzeugt werden.

In Verbindung mit Fig. 5 wird nachfolgend ein Ablaufplan eines Konfliktmanagements beschrieben. Zwei kollidierende Einspritzungen (eine Einspritzung mit hoher Priorität, z.B. eine Haupteinspritzung HE, in Fig. 5 als hochpriorie Einspritzung bezeichnet, und eine Einspritzung mit niedriger Priorität, beispielsweise eine Voreinspritzung, in Fig. 5 als niederpriorie Einspritzung bezeichnet) unterteilt. Eine Einspritzung wird in der Schaltungsanordnung durch zwei Ansteuerflanken realisiert: einer Beginn- und einer Endeflanke, in Fig. 5 mit B und E bezeichnet. Ausgehend vom Ausgang einer hochpriorien Flanke werden auf der Zeitbasis Bereiche "nach früh" bzw. "nach spät" festgelegt. Werden diese Bereiche von niederpriorien Flanken geschnitten, so werden diese Flanken verschoben. Dabei ist mit "Schneiden" gemeint, daß der Anfang einer niederpriorien Flanke in dem Bereich des als strategischer Vorhalt bezeichneten Zeitbereichs oder Zeitintervalls zu liegen kommt. Im Fall der Orientierung des strategischen Vorhalts nach "spät" muß nur die Dauer einer hochpriorien Flanke, die sogenannte Aktivzeit t_a oder auch $t_a + t_j$ abgesichert werden, wobei t_j einen dynamischen Vorhalt bezeichnet, der weiter unten noch näher erläutert wird. Deshalb ist

der Bereich der "Absicherung" gegen (d.h. das Intervall t_a um die niederprioreren) Beginn-/Endeflanken gleich groß oder um t_j verschieden, wobei die Aktivzeit die "Abarbeitungsdauer" t_a gemäß der in Fig. 1 dargestellten Schaltung und t_j den sogenannten dynamischen Vorbehalt bezeichnet. Diese muß so groß gewählt werden, daß der ungünstigste Fall, also die längst mögliche Dauer, abgedeckt ist. Zum Zeitpunkt der Festlegung der Aktivzeit t_a und ihrer Verwendung im Flanken- oder Konfliktmanagement steht die tatsächliche Dauer noch nicht fest, da die Ausführung der Flanke in der Zukunft liegt. Im Fall der Orientierung des strategischen Vorbehalts nach "früh" muß wiederum unterschieden werden: Ist die niederpriorere Flanke eine Endeflanke, so darf sie sich nur im Abstand ihrer Dauer an die hochpriorere Flanke nähern. Deshalb ist der Bereich t_a lang. Ist im Fall "früh" die niederpriorere Flanke eine Beginnflanke, so muß diese soweit "früh", das heißt vor der hochprioreren Flanke positioniert werden, daß im schlimmsten Falle eine niederpriorere Endeflanke zwischen dieser Flanke und der hochprioreren Flanke liegen kann. Dies ist aus Gründen der Kausalität erforderlich, wie nachfolgend beschrieben wird. Zum Festlegungszeitpunkt der Beginnflankenzeiten, gemäß der statischen Interrupts (vgl. Fig. 4) steht die Dauer, also der Abstand zwischen dem Beginn - und dem Ende der Flanken noch nicht fest. Wenn die Dauer aber festliegt, ist der Beginnzeitpunkt nicht mehr zu verändern. Daher muß bereits bei der Festlegung der Beginnzeitpunkte sichergestellt werden, daß eine niederpriorere Endeflanke zwischen niederpriorer Beginn - und hochpriorer Flanke paßt. Deshalb ist der Bereich

zur Absicherung gegen niederpriorer Beginnflanken mit der doppelten Aktivzeit t_a zzgl. vorgebbarer Dynamikabstände t_j zwischen den Flanken vorzusehen, beispielsweise:

$2 \times \text{Aktivzeit } t_a + 2 \times \text{Dynamikabstand } t_j$.

Nur wenn sichergestellt ist, daß die Dauer (Intervalllänge) als Funktion z.B. des Raildrucks so groß ist, daß eine hochpriorer Flanke auch mit Dynamikabstand in dieses Intervall paßt, kann das Zeitintervall, der Zeitbereich, innerhalb der keine Beginn- oder Endeflanke liegen darf, auf t_a reduziert werden.

In Fig. 6 ist der maximale Grad der Verschiebung dargestellt. Die niederpriorer Beginnflanke liegt gerade so nahe an der hochpriorer Endeflanke, daß ein minimaler Schnittbereich mit dem als strategischer Vorhalt bezeichneten Zeitbereich gegeben ist. Die niederpriorer Ansteuerung wird unter Beibehaltung ihrer Dauer "nach spät" verschoben (also Beginn- und Endeflanke). Die niederpriorer Beginnflanke ist nach der Verschiebung um den Dynamikabstand t_j von der hochpriorer entfernt. Damit ist der maximale Grad der Verschiebung, beispielsweise:

$3 \times \text{Aktivzeit } t_a + 3 \times \text{Dynamikabstand } t_j$.

Fig. 7 stellt den maximalen Grad der Verkürzung dar. Die niederpriorer Endeflanke liegt gerade so nahe an der hochpriorer Beginnflanke, daß ein minimaler Schnittbe-

reich mit dem als strategischer Vorbehalt bezeichneten vorgegebenen Zeitintervall gegeben ist. Die niederpriorere Endeflanke wird unter Beibehaltung des niederprioreren Beginnzeitpunkts nach "früh" verschoben, die Dauer also verkürzt. Die niederpriorere Endeflanke ist nach der Verkürzung um den Dynamikabstand t_j von der hochprioreren entfernt. Damit ist der maximale Grad der Verkürzung:

$$\begin{aligned} & 2 \times \text{Aktivzeit } t_a + \text{Dynamikabstand } t_j \text{ oder} \\ & 2 \times \text{Aktivzeit } t_a + 2 \times \text{Dynamikabstand } t_j. \end{aligned}$$

Generell gilt, daß die Abstände der Anfänge zweier Flanken nach Durchlaufen des Flankenmanagements um die Aktivzeit t_a und Dynamikabstand t_j auseinanderliegen.

Wenn eine niederpriorere Beginnflanke kollidiert, wird in der Regel nach "spät" verschoben, da die Zeitpunkte der Beginnflanken hinreichend weit vor den Beginnflanken im statischen Interrupt festgelegt werden und die Kollision entweder mit einer hochprioreren Beginnflanke oder einer hochprioreren Endeflanke auftritt. Im Fall Beginn-Beginn kann im statischen Interrupt reagiert werden, im Fall Ende-Beginn liegt die höherpriorere Beginnflanke aus Gründen der Kausalität vor der niederprioreren Beginnflanke, damit wird im dynamischen Interrupt der höherprioreren Ansteuerung die höherpriorere Dauer bestimmt und eine Verschiebung der niederprioreren ist möglich, da deren dynamischer Interrupt und damit der Start ihrer Abarbeitung erst nach dem dynamischen Interrupt der höherprioreren gekommen wäre (vgl. Fig. 4). Wenn dagegen eine niederpriorere Endeflanke kollidiert, wird in der

Regel verkürzt, da die Kollision dieser Endeflanke erst dann erkannt werden kann, wenn die Dauer der niederprioreren Ansteuerung im niederprioreren dynamischen Interrupt festliegt und damit die Ausführung der Beginnflanke bereits begonnen wurde.

Vorstehend wurden in Verbindung mit Fig. 5 bis 7 nur Primärkollisionen beschrieben. Aus der Reaktion auf Primärkollisionen können sich Sekundärkollisionen ergeben. Die Sekundärkollision werden mit demselben strategischen Vorhalt, das heißt mit den gleichen Zeitintervallen aufgelöst, die maximalen Verschiebungs- und Verkürzungszeiten erhöhen sich entsprechend.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Dieselmotor, mit zumindest zwei Zylindern, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage zumindest zwei Aktorelemente aufweist, und wobei jedem Zylinder zumindest je ein Aktorelement zur Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder zugeordnet ist, und wobei die Kraftstoffeinspritzanlage eine Einspritzregelung zur Überwachung und/oder zum Lösen eines Konfliktes beim Ansteuern der Aktorelemente aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzregelung die Aktorelemente in Abhängigkeit von vorgebbaren, vom Ansteuerverhalten der Aktorelemente abhängigen Zeitintervallen (strategischer Vorhalt) ansteuert.
2. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktorelemente piezoelektrische Elemente sind.
3. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktorelemente Magnetventile sind.
4. Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Dieselmotor, mit zumin-

dest zwei Zylindern, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage zumindest zwei piezoelektrische Elemente aufweist und jedem Zylinder zumindest je ein piezoelektrisches Element zur Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder durch Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elementes zugeordnet ist, und wobei den piezoelektrischen Elementen eine einzige Versorgungseinheit zum Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elementes zugeordnet ist, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage eine Einspritzregelung zur Überwachung einer möglichen Überschneidung eines Zeitintervalls, in dem ein piezoelektrisches Element ge- oder entladen werden soll, mit einem Zeitintervall, in dem das andere piezoelektrische Element ge- oder entladen werden soll, aufweist, und wobei zumindest zwei Einspritzungen unterschiedliche Prioritäten derart zugeordnet sind, daß eine Einspritzung eine höhere Priorität (hochpriore Einspritzung) als wenigstens einer anderen Einspritzung (niederpriore Einspritzung) zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzregelung die wenigstens eine Einspritzung mit der geringeren Priorität um ein vorgebares, vom zeitlichen Verlauf der Ladung und Entladung des piezoelektrischen Elements abhängiges Zeitintervall (strategischer Vorhalt) so verkürzt, daß ein piezoelektrisches Element nicht geladen ist, wenn das andere piezoelektrische Element ge- oder entladen werden soll.

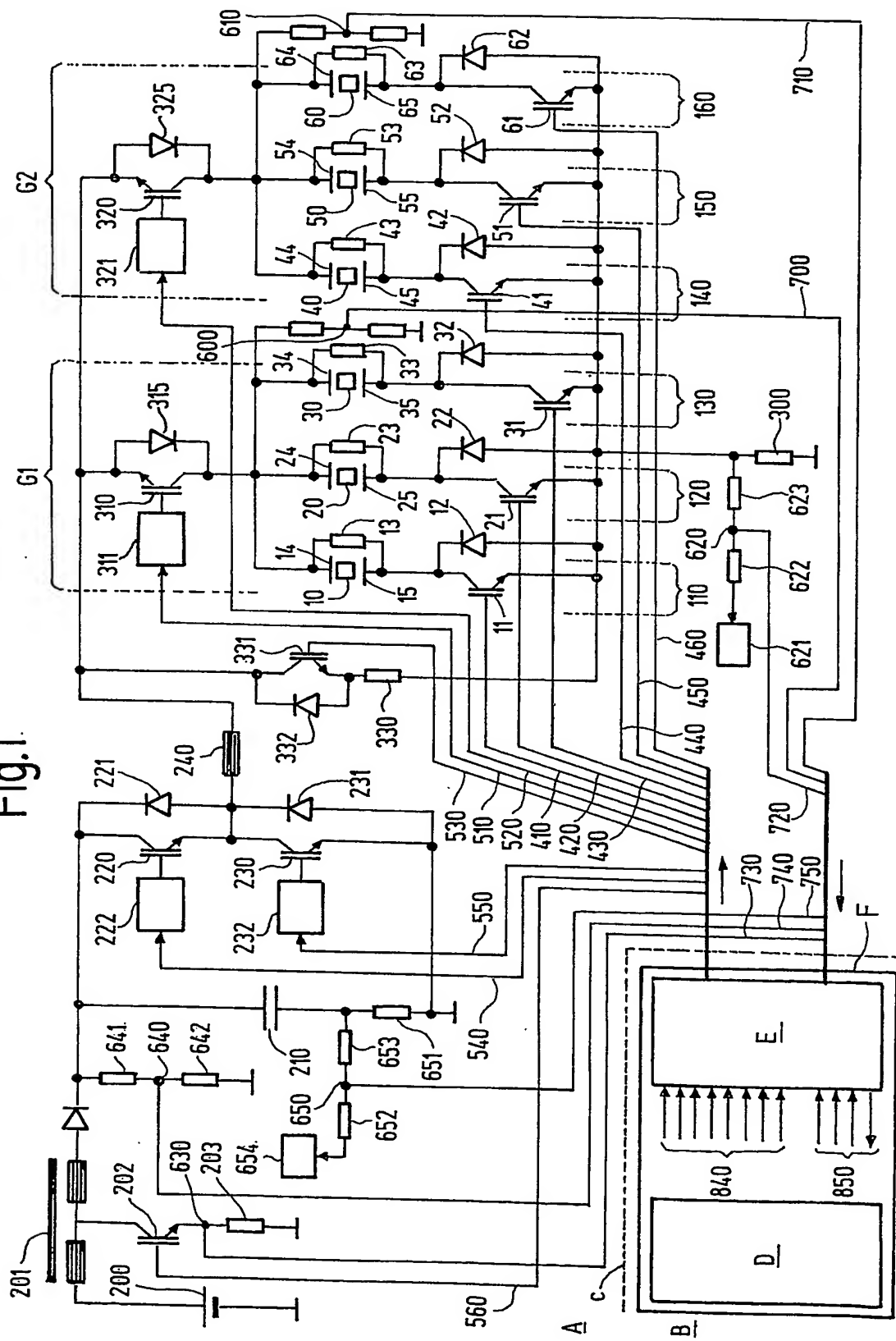
5. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzregelung die wenigstens eine Einspritzung mit der geringen Priorität soweit um ein vorgebbares, vom zeitlichen Verlauf der Ladung und/oder Entladung des piezoelektrischen Elements abhängiges Zeitintervall (strategischer Vorhalt) verschiebt, daß sich das Zeitintervall, in dem ein piezoelektrisches Element ge- oder entladen werden soll, nicht mit dem Zeitintervall überschneidet, in dem das andere piezoelektrische Element ge- oder entladen werden soll.
6. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Verlauf des strategischen Vorhalts von der Dauer der Flanke der hochprioren und/oder der niederprioren Einspritzung (Aktivzeit) und einem vorgebbaren Dynamikabstand abhängt.
7. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzung von Kraftstoff durch wenigstens zwei der folgenden Einspritzungen erfolgt: wenigstens eine Voreinspritzung, wenigstens eine Haupteinspritzung, wenigstens eine Nacheinspritzung.
8. Verfahren zum Betrieb einer Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor mit zumindest zwei Zylindern, insbesondere zum Betrieb einer Kraftstoffeinspritzanlage nach einem der vorherge-

henden Ansprüche, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage zumindest zwei Aktorelemente aufweist, und wobei jedem Zylinder zumindest je ein Aktorelement zur Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder zugeordnet ist, und wobei mögliche Konflikte beim Ansteuern der Aktorelemente überwacht und/oder gelöst werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachung in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf der Ladung- und/oder Entladung des piezoelektrischen Elements bei einer Einspritzung höherer und/oder niedriger Priorität erfolgt.

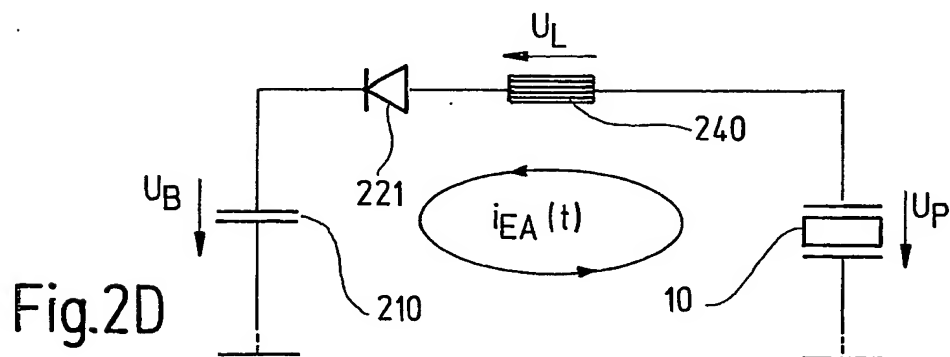
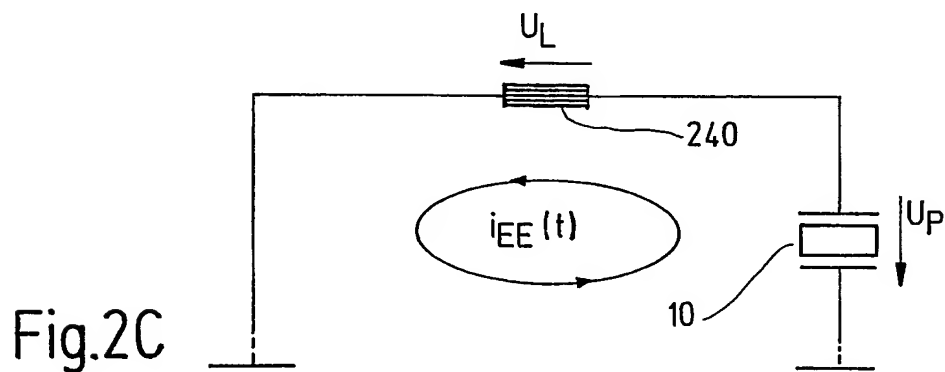
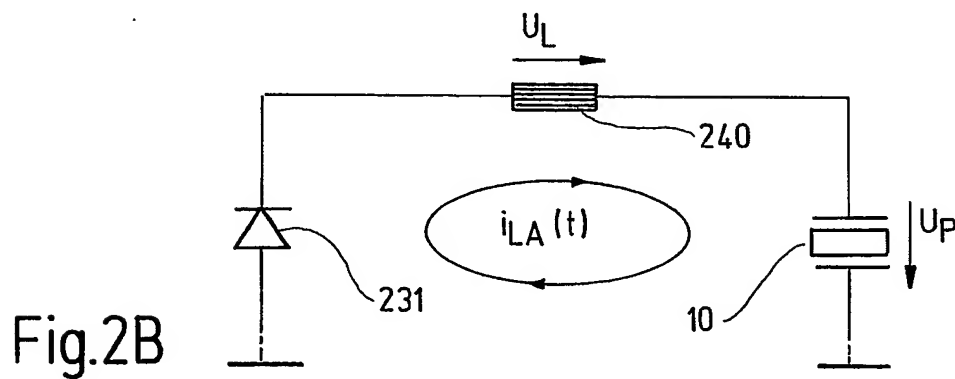
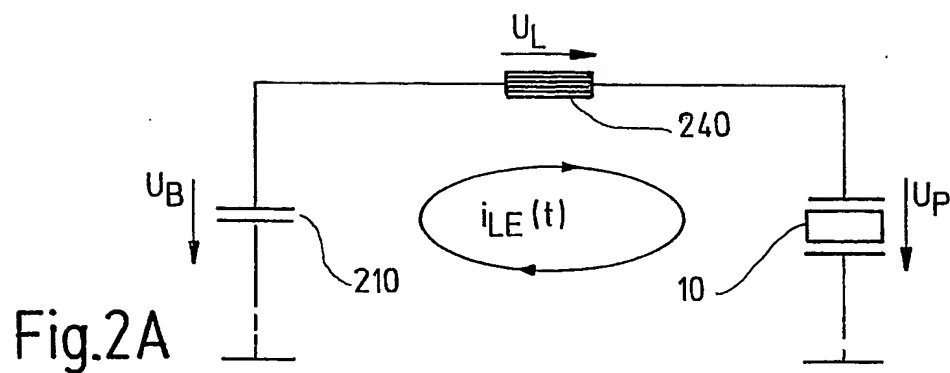
9. Verfahren zum Betrieb einer Kraftstoffeinspritzanlage für einen Verbrennungsmotor mit zumindest zwei Zylindern, insbesondere zum Betrieb einer Kraftstoffeinspritzanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Kraftstoffeinspritzanlage zumindest zwei piezoelektrische Elemente aufweist und jedem Zylinder zumindest je ein piezoelektrisches Element zur Einspritzung von Kraftstoff in den Zylinder durch Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elementes zugeordnet ist, und wobei den piezoelektrischen Elementen eine einzige Versorgungseinheit zum Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elementes zugeordnet ist und wobei überwacht wird, ob eine Überschneidung eines Zeitintervalls in dem ein piezoelektrisches Element ge- oder entladen werden soll mit einem Zeitintervall, in dem das andere piezoelektrische Element ge- oder entladen werden soll auftritt, dadurch gekennzeichnet, daß überwacht wird, ob bei einer

Einspritzung niederer Priorität die Ladung- oder Entladung innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls um den Zeitpunkt einer Ladung oder Entladung einer Einspritzung höherer Priorität auftritt, wobei das Zeitintervall von dem zeitlichen Verlauf der Ladung/Entladung der Einspritzung höherer und/oder niederer Priorität abhängt.

Fig.1.



2 / 7



3 / 7

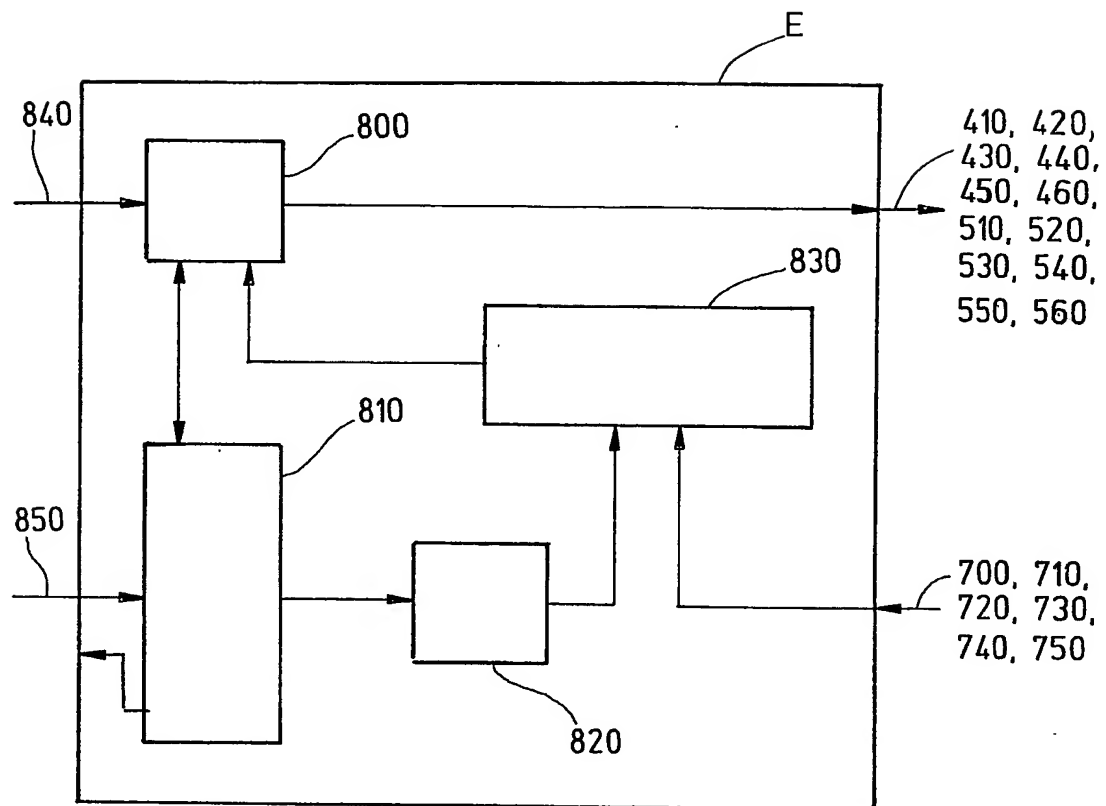


Fig.3

Zeitlicher Ablauf der Interrupts (Stand der Technik)

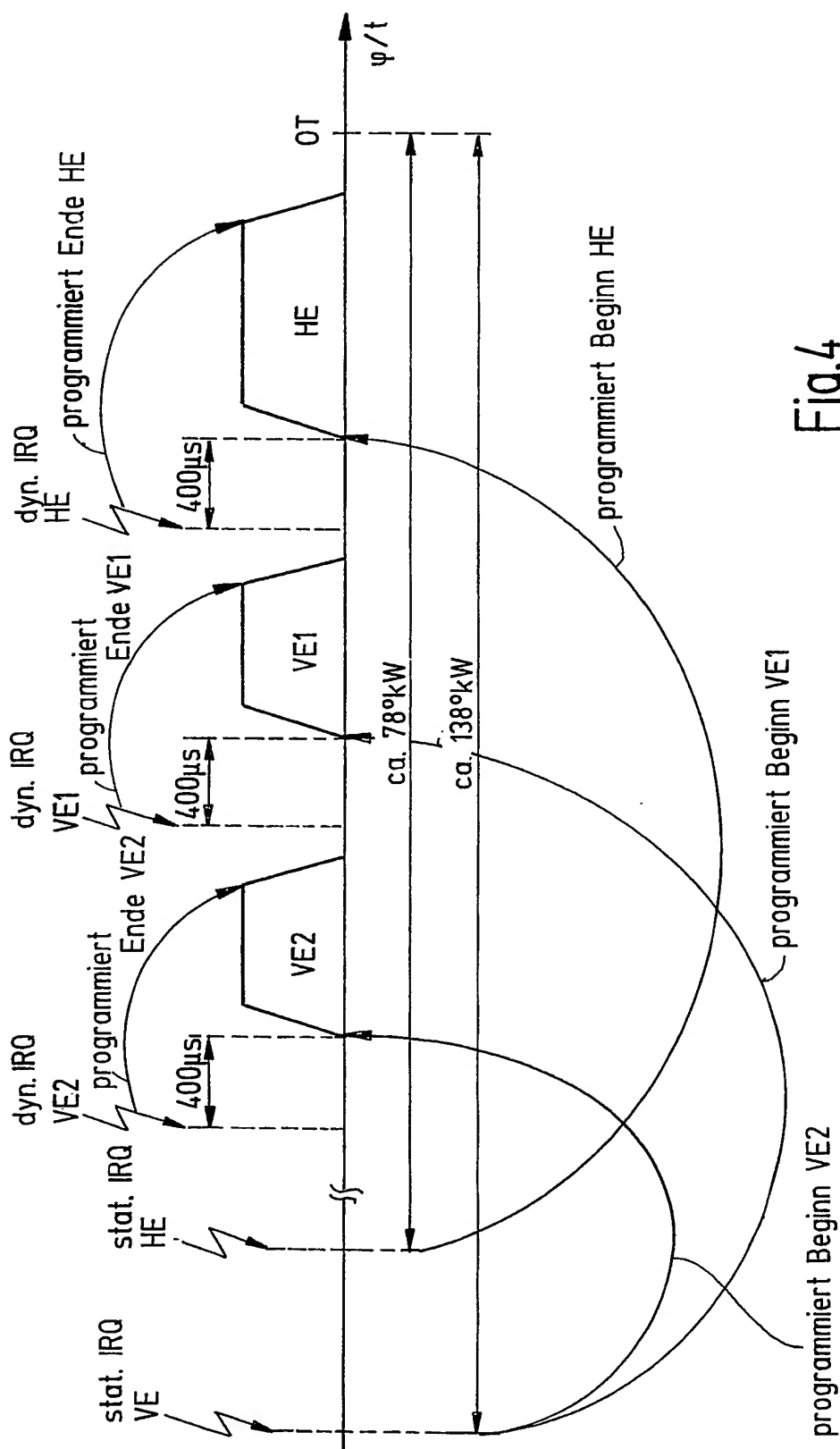
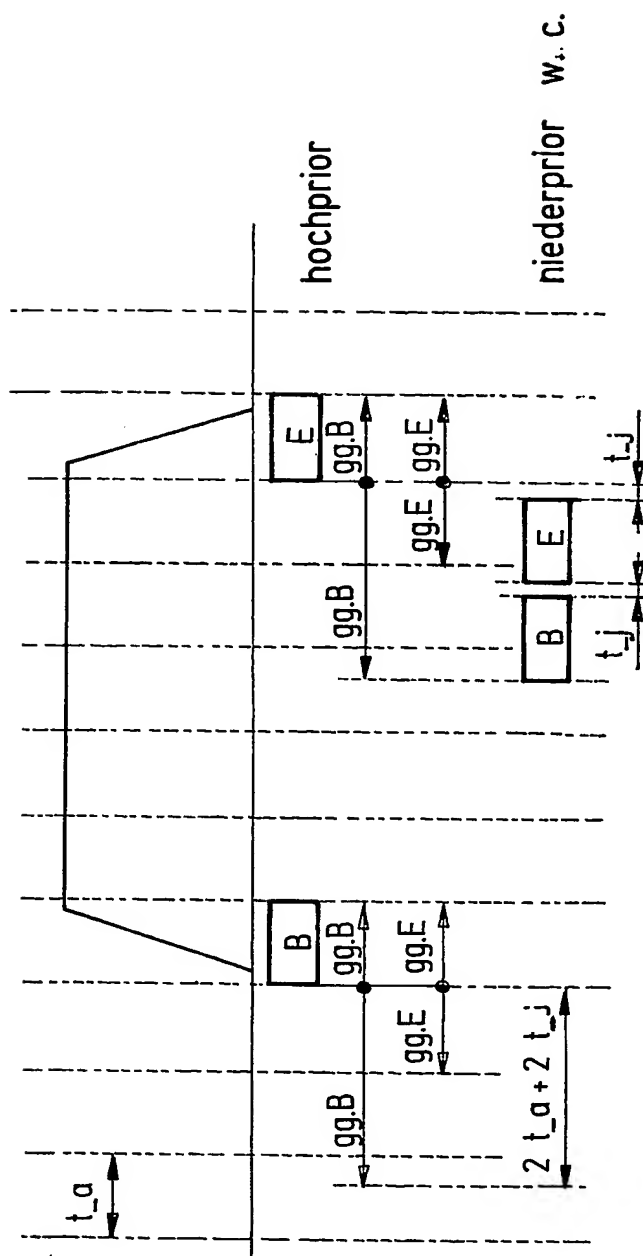
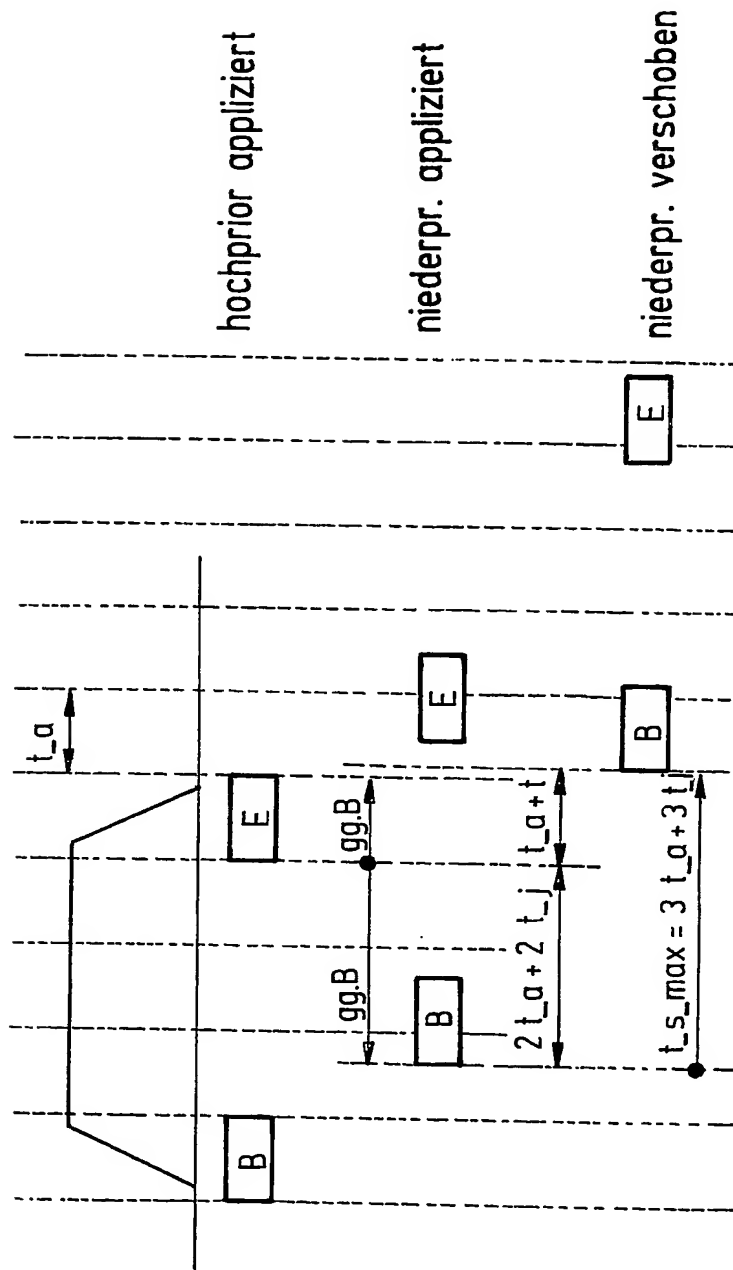


Fig.4



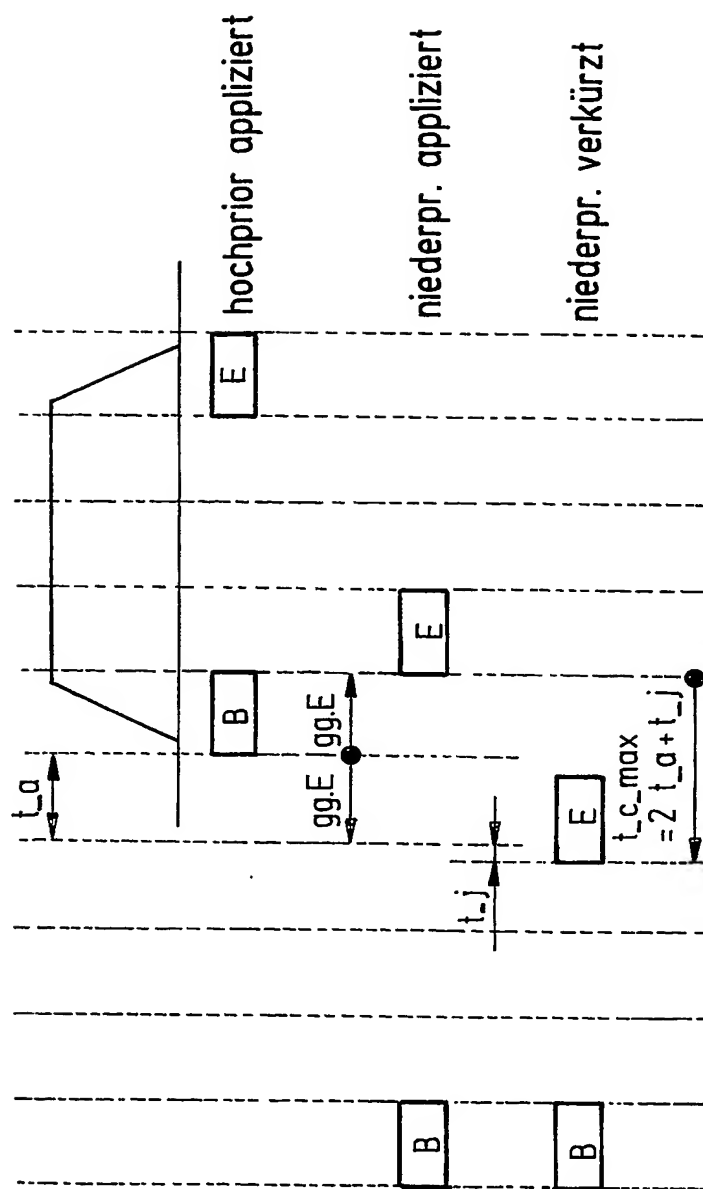
niederprior Ansteuerungen werden verschoben/verkürzt, wenn sie mit dem Beginn ihrer Flanken den Bereich des strategischen Vorhalts schneiden

Fig.5



beim Verschieben um t_s wird die Dauer beibehalten

Fig.6



beim Verkürzen um t_c wird der Beginnzeitpunkt beibehalten

Fig.7

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHEDMinimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 862 369 A (YAKUWA MASAHIKO ET AL) 29 August 1989 (1989-08-29) column 2, line 62 - line 66	1,8
A	column 4, line 38 - line 45 figure 3	4,9
X	EP 0 645 532 A (NIPPON DENSO CO) 29 March 1995 (1995-03-29) column 15, line 8 - column 16, line 27	1,8
X	DE 100 33 343 A (BOSCH GMBH ROBERT) 17 January 2002 (2002-01-17) cited in the application	1,8
A	column 12, line 1 - line 44 column 15, line 1 - line 6 claim 13	2,4-7
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 July 2003

Date of mailing of the international search report

18/07/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bradley, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No
PCT/DE 03/01133

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 39 35 937 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 3 May 1990 (1990-05-03) abstract ---	2,4-7
A	US 6 044 823 A (WATANABE TETSUSHI) 4 April 2000 (2000-04-04) column 1, line 58 - line 67 ---	
A	DE 196 34 342 A (BOSCH GMBH ROBERT) 26 February 1998 (1998-02-26) column 6, line 31 - line 67 figure 2 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

.....ion on patent family members

Inventor

Application No

PCT/DE 03/01133

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 4862369	A	29-08-1989	JP	2032495 C	19-03-1996
			JP	7054100 B	07-06-1995
			JP	63065159 A	23-03-1988
EP 0645532	A	29-03-1995	JP	7063103 A	07-03-1995
			DE	69424840 D1	13-07-2000
			DE	69424840 T2	09-11-2000
			EP	0645532 A2	29-03-1995
			US	5572977 A	12-11-1996
DE 10033343	A	17-01-2002	DE	10033343 A1	17-01-2002
			GB	2364576 A ,B	30-01-2002
			JP	2002106402 A	10-04-2002
			US	2002046731 A1	25-04-2002
DE 3935937	A	03-05-1990	JP	2119652 A	07-05-1990
			JP	2935499 B2	16-08-1999
			DE	3935937 A1	03-05-1990
US 6044823	A	04-04-2000	JP	10318025 A	02-12-1998
			DE	19800464 A1	26-11-1998
DE 19634342	A	26-02-1998	DE	19634342 A1	26-02-1998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F02D41/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

 Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 862 369 A (YAKUWA MASAHIKO ET AL) 29. August 1989 (1989-08-29) Spalte 2, Zeile 62 - Zeile 66	1,8
A	Spalte 4, Zeile 38 - Zeile 45 Abbildung 3	4,9
X	EP 0 645 532 A (NIPPON DENSO CO) 29. März 1995 (1995-03-29) Spalte 15, Zeile 8 - Spalte 16, Zeile 27	1,8
X	DE 100 33 343 A (BOSCH GMBH ROBERT) 17. Januar 2002 (2002-01-17) in der Anmeldung erwähnt	1,8
A	Spalte 12, Zeile 1 - Zeile 44 Spalte 15, Zeile 1 - Zeile 6 Anspruch 13	2,4-7
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Juli 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/07/2003

 Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bradley, D

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 39 35 937 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 3. Mai 1990 (1990-05-03) Zusammenfassung ----	2,4-7
A	US 6 044 823 A (WATANABE TETSUSHI) 4. April 2000 (2000-04-04) Spalte 1, Zeile 58 - Zeile 67 ----	
A	DE 196 34 342 A (BOSCH GMBH ROBERT) 26. Februar 1998 (1998-02-26) Spalte 6, Zeile 31 - Zeile 67 Abbildung 2 -----	

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inventor's Aktenzeichen
PCT/DE 03/01133

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4862369	A	29-08-1989	JP 2032495 C	19-03-1996
			JP 7054100 B	07-06-1995
			JP 63065159 A	23-03-1988
EP 0645532	A	29-03-1995	JP 7063103 A	07-03-1995
			DE 69424840 D1	13-07-2000
			DE 69424840 T2	09-11-2000
			EP 0645532 A2	29-03-1995
			US 5572977 A	12-11-1996
DE 10033343	A	17-01-2002	DE 10033343 A1	17-01-2002
			GB 2364576 A , B	30-01-2002
			JP 2002106402 A	10-04-2002
			US 2002046731 A1	25-04-2002
DE 3935937	A	03-05-1990	JP 2119652 A	07-05-1990
			JP 2935499 B2	16-08-1999
			DE 3935937 A1	03-05-1990
US 6044823	A	04-04-2000	JP 10318025 A	02-12-1998
			DE 19800464 A1	26-11-1998
DE 19634342	A	26-02-1998	DE 19634342 A1	26-02-1998